

Entornos virtuales de vídeo interactivo para neurorrehabilitación cognitiva

J.M. Martínez-Moreno^{1,2}, P. Sánchez-González^{1,2}, M. Morell Vilaseca³, A. García Rudolph³,
S. González Palmero⁴, A. García-Molina³, T. Roig Rovira³, C. Cáceres Taladriz^{1,2},
J.M. Tormos Muñoz³, E.J. Gómez Aguilera^{1,2}

¹ Grupo de Bioingeniería y Telemedicina (GBT), E.T.S.I. de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, {jmartinez,psanchez,ccaceres,egomez}@gbt.tfo.upm.es

² Centro de Investigación Biomédica en Red en Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN), España

³ Institut Guttmann – Hospital de Neurorrehabilitación, Badalona, España, {mmorell,agarcia,agarciam,troig,jmtormos}@guttman.com

⁴ Lavinia Interactiva, Barcelona, España, sgonzalez@laviniainteractiva.com

Resumen

En pocos años, la discapacidad de origen cognitivo será uno de los principales problemas de salud. El déficit cognitivo influye en la ejecución de todas las actividades de la vida diaria. Pacientes con una afección de este tipo ven alterados su entorno social y familiar. Por todo ello, se hace imprescindible el desarrollo de programas de rehabilitación que permitan minimizar las consecuencias de las lesiones adquiridas y restituir o compensar las funciones afectadas. En la actualidad nos encontramos en un momento de cambio en las metodologías de la neurorrehabilitación, donde los entornos virtuales digitales interactivos son una fuente de innovación y una ventana terapéutica para la generación de nuevas estrategias basadas en una rehabilitación personalizada, monitorizada y ubicua, con la que lograr el máximo nivel de realización en las actividades de vida diaria. En este trabajo de investigación se plantea el uso del vídeo interactivo como medio tecnológico para realizar las terapias de rehabilitación cognitiva. Se presenta una prueba de concepto de una actividad de vida diaria y su posterior análisis por el equipo clínico del Institut Guttmann. Los resultados preliminares apoyan su uso para alcanzar una rehabilitación basada en el nuevo paradigma.

1. Introducción y análisis de antecedentes

En la actualidad un alto porcentaje de la población mundial se ve afectada por patologías que causan algún tipo de discapacidad de origen neurológico [1]. Previsiones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) apuntan a que en 2020 la discapacidad de origen cognitivo será uno de los principales problemas de salud, en relación a la repercusión global de las enfermedades [1][2].

Los procesos cognitivos determinan hasta la más sencilla de las tareas de la vida diaria [3]. Así, aquellas personas que tras sufrir una lesión cerebral presentan alteraciones en sus funciones cognitivas verán reducida su autonomía e independencia, lo cual afectará a su calidad de vida [4]. Por todo lo anterior, se hace necesario el desarrollo de programas de neurorrehabilitación dirigidos a restituir, minimizar y/o compensar las alteraciones funcionales manifestadas en las personas afectadas [1].

La rehabilitación neuropsicológica se sirve de estrategias de intervención restitutivas o compensatorias, para lograr,

en función de las capacidades preservadas y afectadas, que la persona afectada alcance el máximo nivel de autonomía en su vida cotidiana [5]. La rehabilitación cognitiva, como parte de la rehabilitación neuropsicológica, tiene como objetivo reducir el impacto de las condiciones discapacitantes con el fin de mejorar su calidad de vida y la de su entorno familiar.

En neurorrehabilitación se está evolucionando desde los sistemas tradicionales, basados en sesiones presenciales de trabajo personal y síncrono entre terapeuta y paciente, hasta la implantación de sistemas de rehabilitación cognitiva basado en el uso de nuevas tecnologías. Así, el empleo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha abierto un inmenso campo para la investigación y desarrollo de nuevas propuestas para la rehabilitación cognitiva. El uso de este tipo de tecnologías en rehabilitación nos deja soluciones que abordan el reto de encontrar procesos de rehabilitación de secuelas cognitivas con terapias de alta intensidad y extensión en el tiempo suficiente dentro de un marco económico sostenible.

En los últimos años se han elaborado diversos programas de telerrehabilitación cognitiva como DISCOGNITIOS [6] que ofrece servicios adaptados a personas mayores que sufren algún tipo de déficit cognitivo. De una forma más general en los proyectos PREVIRNEC [7][8] y Neurolearning [9] se ha desarrollado una plataforma de telerrehabilitación cognitiva para terapias basadas en la rehabilitación intensiva, personalizada y estructurada a partir de los perfiles de afectación.

Otra de las tecnologías que se explotan dentro de estas metodologías es la realidad virtual. Se emplea para la generación de entornos virtuales en sistemas de rehabilitación cognitiva. Un ejemplo es el sistema SOTHAVEN [10] que utiliza un entorno virtual ambientado en una cocina para evaluar las habilidades cognitivas de pacientes que han sufrido un daño cerebral adquirido. A pesar de los avances que ha aportado la inclusión de estas tecnologías a la neurorrehabilitación, el modelo actual de rehabilitación está cambiando hacia un nuevo paradigma basado en una rehabilitación personalizada, monitorizada, y ubicua con una valoración

continua de la eficacia y la eficiencia de los procedimientos, con capacidad de generar conocimiento [11].

El vídeo interactivo (VI) es una tecnología que permite al terapeuta trabajar con escenarios virtuales donde recrear las actividades de la vida diaria más importantes para cada individuo y donde la demanda ambiental para cada sujeto se ajuste al nivel de trabajo y la modulación pautada por el terapeuta. En este trabajo de investigación se entiende el vídeo interactivo como cualquier aplicación de vídeo en la que la secuenciación y selección de los mensajes (información) se determina por la respuesta del usuario.

En este trabajo se presenta la tecnología de VI como motor para la generación de los entornos virtuales rehabilitadores. Así, el VI se postula como fuente de innovación y ventana terapéutica ideal para abordar el reto que plantea el nuevo paradigma de la neurorrehabilitación, la generación de terapias ubicuas, personalizadas y basadas en la evidencia clínica.

2. El Vídeo Interactivo como medio rehabilitador

Durante los últimos años, la presentación de la información ha sufrido grandes cambios debido al desarrollo de sistemas de computación que son capaces de procesar y mostrar grandes cantidades de información de forma instantánea. Debido a este exceso de información, se ha incrementado el interés en el estudio de tecnologías como el VI, que no sólo muestren información al usuario, sino que lo hagan participe de ella comprometiéndolo activamente en el proceso de comunicación.

La interactividad se consigue mediante la asociación de una interacción a cualquiera de los elementos que aparecen en las escenas del vídeo, quedando definido dicho elemento como zona caliente. De esta forma, el usuario interviene durante la reproducción del vídeo modificando el flujo de acción en función de la zona caliente sobre la que haya actuado. La Figura 1 recoge una secuencia de fotogramas que muestran la acción desencadenada en el vídeo como respuesta a la intervención del usuario sobre una zona caliente.

Las aplicaciones de un VI son muy diversas, entre ellas destacan su uso con fines lúdicos o de entretenimiento y las aplicaciones con objetivos didácticos o de aprendizaje. En este trabajo de investigación se plantea su aplicación

dentro del ámbito de la rehabilitación cognitiva. Existen experiencias previas de aplicación del VI en el campo de la formación, en las que se ha demostrado [12][13] su eficacia y utilidad así como la satisfacción de los usuarios que la han utilizado. De todo ello, podemos asegurar que una de las principales ventajas que posee el empleo VI es la posibilidad de organizar, adaptar y optimizar la información teniendo en cuenta el esquema cognitivo de los receptores.

Además, la ventaja de trabajar con contenidos dinámicos interactivos sobre contenidos no interactivos radica en una mayor capacidad de personalización. Esto, unido a la gran cantidad de grados de configuración que ofrece esta tecnología a los terapeutas para la generación de las actividades, les permite una mayor precisión sobre el control de los requisitos cognitivos que se le exigirán a los usuarios (pacientes) a la hora de la ejecución de la tarea.

Las características intrínsecas del VI, así como su influencia en las capacidades cognitivas y sus propiedades demostradas en otros campos como la enseñanza, hacen pensar en el VI como tecnología soporte de las terapias cognitivas basadas en el nuevo paradigma de rehabilitación.

La principal hipótesis de partida sobre la que se desarrolla este trabajo de investigación es que el VI soporta un proceso de rehabilitación personalizado ya que utiliza un gran número de sistemas de símbolos configurables según el perfil de afectación del paciente. Por ello, permite una adaptación al progreso del paciente, es decir, sincronizar el proceso de rehabilitación con las necesidades o ritmos marcados por sus habilidades cognitivas.

Además, con el VI se logra llevar a cabo una rehabilitación centrada en actividades o gustos del paciente, que resulta clave en su motivación, mejorando así la efectividad del tratamiento y aumentando la satisfacción del paciente. Permite la generación de entornos virtuales basados en imágenes reales, lo cual facilita la inmersión de los pacientes dentro del contexto virtual en el que se desarrolla las actividades de la vida diaria (AVD) en las que se centra el proceso rehabilitador.

Las AVD desarrolladas sobre esta tecnología permitirán la potenciación de las distintas funciones cognitivas, mediante el fomento de tareas de aprendizaje, memoria, atención, toma de decisiones o comprensión del lenguaje, entre otras.



Figura 1. Secuencia de fotogramas correspondiente a la interacción del usuario con un elemento activo del vídeo

3. Prueba de concepto

Con el fin de comprender las posibilidades que puede ofrecer esta tecnología dentro del campo de la rehabilitación cognitiva, se ha desarrollado una prueba de concepto de una tarea sobre la actividad de vida diaria “ir a comprar el pan”. El resultado de este demostrador es un entorno virtual interactivo que explota el potencial del VI en entornos de rehabilitación. Durante la ejecución del vídeo el paciente deberá ir tomando una serie de decisiones para llegar al final y lograr el objetivo general marcado por el terapeuta en la AVD.

En la AVD elegida para la prueba de concepto, el paciente recorrerá de forma virtual una serie de escenas (desde que se encuentra sentado en el sofá de casa hasta la final en la que compra el pan en la panadería) que representan los pasos a seguir para alcanzar el objetivo final de la misma. En cada una de las distintas escenas se le exigirá al paciente que interactúe con el vídeo para seguir avanzando por la actividad, siendo de esta forma él mismo, con el apoyo de más o menos estímulos, quien establezca el flujo de acción que se seguirá de entre todos los posibles, y en cierta forma, sea el paciente el que determine qué ocurrirá a continuación en el vídeo.

El guión completo de la actividad ha sido diseñado por el equipo clínico del Institut Guttmann, describiendo para ello cada una de las escenas que lo componen. Además de definir lo que se verá en cada escena (objetos, personajes, etc.) los terapeutas identifican los instantes de la misma en los que se va a requerir de una intervención del paciente. Para cada una de estas intervenciones se detalla la forma en la que el paciente debe interaccionar con el vídeo, y las consecuencias de esa interacción. Definir esto último implica detallar tanto la relación que se establece entre escenas como la respuesta del vídeo, consecuencia de dicha interacción, dando como resultado un árbol de decisión o mapa de actividad del vídeo interactivo.

En la prueba de concepto desarrollada, existen tres escenarios diferentes:

- *Casa*: la tarea comienza con el paciente sentado en el sofá y tiene que salir de la casa habiendo cogido previamente las llaves y la cartera.
- *Calle*: el paciente acaba de salir del portal y tiene que dirigirse hasta la panadería que se encuentra a unos metros de distancia al otro lado de la calle.
- *Panadería*: el paciente tiene que interactuar con la panadera para pedirle y pagarle el pan.

Para la prueba de concepto se ha implementado el VI correspondiente al primero de los escenarios: *La Casa*. En la Figura 2 se observa un fotograma correspondiente a una de las primeras escenas de la actividad, en la que el sujeto todavía se encuentra sentado en el sofá.



Figura 2. Captura del escenario Casa del Vídeo Interactivo

Cualquiera de los elementos que se observan en la escena puede haber sido definido por el terapeuta como zona caliente. Para establecer las regiones como tales, es necesario aplicar algoritmos de detección y seguimiento de objetos sobre el vídeo. Mediante estos métodos, automáticos y/o semiautomáticos, se obtiene la localización y seguimiento a lo largo de la secuencia de los fotogramas necesarios para los distintos elementos (imágenes, objetos virtuales, textos, etc.). Una vez que el objeto de interés está identificado y preparado para ser seguido por el vídeo durante el tiempo necesario se le puede asociar la acción determinada. Esta acción asociada conformará la respuesta para una interacción del paciente según lo haya definido el terapeuta.

3.1. Validación Clínica

Una vez desarrollado el primer escenario de la AVD, se ha realizado un análisis de viabilidad de la tecnología de VI. Para ello, se presentó el entorno virtual generado al equipo clínico del Institut Guttmann, con el objetivo de que valoraran el potencial del VI como elemento rehabilitador. De este estudio realizado con el equipo clínico, se extraen las conclusiones que se exponen en este apartado.

Dentro del marco clínico de la terapia de rehabilitación, el objetivo es enseñar y/o facilitar a los sujetos habilidades necesarias para la vida cotidiana como un “ejercicio cognitivo” que además, permite al terapeuta graduar la dificultad e introducir estímulos distractores, como elementos fundamentales de la rehabilitación neuropsicológica. Así, permite la creación de bibliotecas de tareas y combinación de las mismas con diferentes grados de dificultad.

El VI posibilita el entrenamiento de las mismas funciones cognitivas a través de diferentes tareas, logrando valorar si el sujeto obtiene resultados similares en tareas con las mismas exigencias que requieren la puesta en marcha de las mismas habilidades cognitivas.

Este tipo de entornos virtuales permite al clínico introducir cambios concretos (de espacio, tiempo, información, ayuda, etc.) y se convierte en una potente herramienta rehabilitadora, ya que permite plantear la aproximación sucesiva y progresiva a situaciones de la vida diaria en un entorno virtual, controlado, con elevada validez ecológica y basada en el aprendizaje libre de error. Para muchos pacientes que han visto reducida su autonomía personal, poder practicar situaciones

cotidianas en un entorno virtual similar al que se encuentran en el día a día es un estímulo motivador ya que supone una aproximación a la autonomía perdida.

4. Discusión

En este trabajo de investigación se ha analizado la viabilidad de emplear la tecnología de vídeo interactivo como principal instrumento de las terapias de rehabilitación cognitiva. El entorno virtual basado en la tecnología de VI permite abordar una aproximación basada en la restauración de las funciones cognitivas, que incluyen una variedad de ejercicios estructurados que generan múltiples oportunidades para que el sujeto inicie, planifique y lleve a cabo actividades orientadas a la consecución de un objetivo rehabilitador concreto. Además, al ser el terapeuta quien tiene el control sobre la planificación de estas actividades, puede seleccionar desde el tipo de actividad, hasta su duración y el orden de dificultad en el que serán graduadas las tareas.

Los entornos virtuales basados en VI están generados sobre imágenes reales lo que favorece la comprensión e inmersión de los pacientes en el contexto virtual. El reconocimiento del escenario por parte del paciente ayuda a asimilar la AVD, fomentándose, además, la ubicuidad de la terapia. Por otra parte, la personalización de las sesiones se ve maximizada, puesto que se pueden emplear las imágenes de escenarios conocidos para los pacientes (clínica, casa, etc.).

La tecnología de VI tiene algunos puntos críticos que hay que tener en cuenta para poder explotarla de forma eficaz. El primero de ellos se plantea desde el punto de vista del profesional clínico y del desarrollo teórico que realiza del VI, es decir, en la elaboración del árbol que define cada una de las actividades. El segundo tiene que ver con el propio montaje del vídeo interactivo, abarcando desde el procesamiento de los vídeos, detección y seguimiento de objetos, y establecimiento de las relaciones que doten al conjunto de la interactividad característica del sistema. En ambos casos, es importante contar con herramientas específicas que apoyen a terapeutas y técnicos, respectivamente, su trabajo durante el proceso de elaboración de las actividades. En el caso del terapeuta se trataría de una herramienta que le guiara en la definición de cada uno de los flujos de acción que componen el mapa de la actividad. En cambio, para la generación de la actividad, la herramienta debería permitir al técnico crear VI en base al análisis y procesamiento de los vídeos, así como incorporar los algoritmos necesarios para, entre otras cosas, la definición de las zonas calientes.

5. Conclusiones

El creciente número de personas que requieren rehabilitación cognitiva (con el consiguiente impacto que ello conlleva, tanto a nivel individual como social) hace necesario el desarrollo de nuevas metodologías de rehabilitación ubicuas, personalizables y basadas en la evidencia. El vídeo interactivo ofrece nuevas posibilidades que consiguen abarcar los objetivos que marcan los nuevos paradigmas de la neurorrehabilitación. Así, permite la creación actividades que sitúan al usuario

dentro de un entorno virtual basado en interacciones sencillas, intuitivas y de fácil asimilación debido en parte a la utilización de imágenes reales.

La prueba de concepto realizada, ha mostrado la viabilidad del empleo del VI como tecnología principal en la generación de entornos virtuales interactivos. Esta tecnología posee características que la hacen adecuada para el desarrollo de actividades de la vida diaria para terapias de rehabilitación cognitiva personalizadas, monitorizadas y ubicuas. Las características del VI abren un gran abanico de posibilidades para explotar dentro del campo de la neurorrehabilitación cognitiva. No obstante, el esfuerzo realizado en la elaboración de la prueba de concepto para este trabajo deja en evidencia la necesidad de elaborar herramientas de apoyo tanto en la definición de los mapas de actividad, como en la generación de los vídeos interactivos, desde el punto de vista del análisis y procesamiento de los vídeos.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación ha sido parcialmente financiado por el proyecto CENIT-E "REHABILITA" CEN-20091043. Los autores expresan su agradecimiento a todos los socios del consorcio REHABILITA.

Referencias

- [1] World Health Organization. Neurological Disorders: Public health challenge. 2006; pp 30-37.
- [2] Tormos JM. La telerrehabilitación cognitiva: una visión, grandes retos y una oportunidad. *Sobre Ruedas*, N 76; 2010.
- [3] Marcotte T, Thomas D, Grant I. *Neuropsychology of Everyday Functioning*. Guilford Press, 2010.
- [4] Curcio L, Sauri J, Camprubí M, Yuguero M, Vilá A. Laboratorio de medidas potenciadoras de la autonomía, satisfacción personal y calidad de vida de las personas con lesión medular o DCA. Institut Guttmann. *Tecnologías aplicadas al proceso neurorrehabilitador: Estrategias para valorar su eficacia*. Vol 19, 2008; pp 25-41.
- [5] Anderson V, Yeates KO. *Pediatric Traumatic Brain Injury: New Frontiers in Clinical and Translational Research*. Cambridge University Press, 2010.
- [6] Página web del proyecto DIGCOGNITIOS. <http://lembra.cesga.es/> (Consultada Junio 2011).
- [7] Garcia-Molina A, et al. Clinical Program of Cognitive Tele-Rehabilitation for Traumatic Brain Injury. *eChallenges e-2010 Conference*. 2010.
- [8] Solana J, Garcia-Molina A, Ferrer-Celma S, Caceres C, Garcia-Rudolph A, Ferre-Bergada M, Roig T, Garcia-Lopez P, Tormos JM, Gomez EJ. PREVIRNEC A new platform for cognitive tele-rehabilitation. *Third International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications (COGNITIVE 2011)*
- [9] Proyecto Avanza I+D NEUROLEARNING. TSI-020501-2008-154
- [10] Zhangy L et al. A virtual reality environment for evaluation of a daily living skill in brain injury rehabilitation. Vol 84, 2003; pp 1118-1124.
- [11] Tormos JM, Royo C, Gómez EJ. REHABILITA: Tecnologías Disruptivas para la Rehabilitación del Futuro. CASEIB 2010: XXVIII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica.
- [12] Stephan S, Riempp R. The cognitive benefits of interactive videos: learning to tie nautical knots. *Scient Direct*, Vol 14, 2004; pp293-305.
- [13] Dongsong Z. Instructional video in e-learning. Assessing the impact of interactive video on learning. *Science Direct*. Vol 43, 2006; pp 15-27.